



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

## ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A ROBOTIKY

INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND ROBOTICS

## ZVÝŠENÍ EFEKTIVITY VÝROBY NA LINKÁCH MCA S PÁJECÍMI ROBOTY

INCREASING EFFICIENCY OF MCA PRODUCTION LINES WITH SOLDER ROBOTS

### DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Pavel Hajný

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Radek Knoflíček, Dr.

BRNO 2016



# Zadání diplomové práce

Ústav: Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky  
Student: **Bc. Pavel Hajný**  
Studijní program: Strojní inženýrství  
Studijní obor: Výrobní stroje, systémy a roboty  
Vedoucí práce: **doc. Ing. Radek Knoflíček, Dr.**  
Akademický rok: 2015/16

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

## Zvýšení efektivity výroby na linkách MCA s pájecími roboty

### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

1. Konstrukce universální paletky pro drážkové a bodové pájení robotem (tzv. slit a point), nebo paletky pro pájení více desek spojených do jedné (tzv. celý sheet).
2. Návrh na realizaci automatického překlápění paletky v robotu, umožnění vytvoření universálního programu pro zapájení všech komponent.
3. Návrh na realizaci uměle inteligentního dopravníku pro pájecí linku.
4. Potřebná výkresová dokumentace a návrhové výpočty.
5. Posouzení doby návratnosti investice pro body 2 a 3.

### Cíle diplomové práce:

Cílem je zvýšení efektivity výroby na linkách MCA s pájecími roboty. Zadání DP je řešeno ve spolupráci se společností ALPS Electric Czech, s. r. o. v Sebranicích.

### Seznam literatury:

Shigley, J. E., Mischke, Ch. R., Budynas, R. G. (2010): Konstruování strojních součástí. ISBN 978-8-214-2629-0.

Knoflíček, R. (2004): Roboty a pružné výrobní systémy. Studijní opora ÚVSSR FSI VUT.

Internetové odkazy výrobců a dodavatelů průmyslových robotů.

Firemní materiály ALPS Electric Czech Sebranice.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2015/16

V Brně, dne

L. S.

---

doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.  
ředitel ústavu

---

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.  
děkan fakulty

## **ABSTRAKT**

Tato diplomová práce se zabývá návrhem zvýšení efektivity výrobních linek s pájecími roboty. V úvodu této práce je popis výrobku a současného procesu. Dále jsou zde varianty konstrukčního řešení pájecích palettek a výběr nejvhodnější z nich. Poslední část práce obsahuje návrh automatizace pájecího procesu.

## **ABSTRACT**

This master thesis describes the design of increasing the efficiency of production lines with solder robots. In beginning of this work is a description of product and current process. There are also variants of design solutions for soldering palettes and the best one is chosen. The last part of this work includes design automation soldering process.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

pájení, pájecí robot, výrobní linka, deska plošných spojů, zvýšení efektivity

## **KEYWORDS**

soldering, soldering robot, production line, printed wiring board, increasing efficiency



## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

HAJNÝ, P. Zvýšení efektivity výroby na linkách MCA s pájecími roboty. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2016. 69 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Radek Knoflíček, Dr..





## **PODĚKOVÁNÍ**

Děkuji doc. Ing. Radku Knoflíčkoví, Dr. za odborné vedení práce, věcné připomínky, dobré rady a vstřícnost při konzultacích a vypracovávání diplomové práce. Dále také firmě ALPS Electric Czech s.r.o. za poskytnutí materiálů a podpory pro vypracování této práce.



## **ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením doc. Ing. Radka Knoflíčka, Dr. a s použitím literatury uvedené v seznamu a podkladů poskytnutých firmou ALPS Electric Czech s.r.o.

V Brně dne 24.5.2016

.....

Hajný Pavel



# OBSAH

<b>1</b>	<b>ÚVOD .....</b>	<b>15</b>
1.1	ALPS Electric Czech s.r.o. ....	16
<b>2</b>	<b>POPIS VÝROBKU .....</b>	<b>17</b>
2.1	Hlavní části .....	17
2.1.1	Plastové kryty .....	17
2.1.2	Páčky .....	18
2.1.3	Deska plošných spojů (PWB).....	18
<b>3</b>	<b>PÁJENÍ [2] .....</b>	<b>19</b>
3.1	Povrchová montáž SMT [3].....	20
3.2	Součástky s drátovými vývody THT .....	20
3.2.1	Pájení vlnou .....	20
3.2.2	Selektivní pájení [4].....	21
<b>4</b>	<b>SOUČASNÝ PROCES .....</b>	<b>23</b>
<b>5</b>	<b>ZVYŠOVÁNÍ EFEKTIVITY .....</b>	<b>23</b>
<b>6</b>	<b>NÁVRH PÁJECÍ PALETKY.....</b>	<b>23</b>
<b>7</b>	<b>DALŠÍ KONSTRUKCE .....</b>	<b>23</b>
<b>8</b>	<b>REALIZACE ŘEŠENÍ .....</b>	<b>23</b>
<b>9</b>	<b>NÁVRH AUTOMATIZACE PÁJECÍHO PROCESU .....</b>	<b>24</b>
9.1	Automatizace osazování .....	24
9.2	Manipulátor.....	25
9.2.1	Variety konstrukce manipulátoru: .....	25
9.3	Dopravník .....	27
9.3.1	Rozvržení dopravníku.....	27
9.4	Výběr řešení [12] .....	28
9.5	Návratnost investice.....	29
<b>10</b>	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>30</b>
<b>11</b>	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....</b>	<b>31</b>
<b>12</b>	<b>SEZNAM ZKRATEK, SYMBOLŮ, OBRÁZKŮ A TABULEK.....</b>	<b>33</b>
12.1	Seznam použitých zkratek a symbolů .....	33
12.2	Seznam tabulek .....	33
12.3	Seznam obrázků .....	33
<b>13</b>	<b>SEZNAM PŘÍLOH .....</b>	<b>35</b>



# 1 ÚVOD

Cílem této práce je navrhnout opatření, která by vedla ke zvýšení výrobní kapacity a zlepšení ekonomické efektivity výrobní linky ve firmě ALPS Electric Czech s.r.o. v Sebranicích. Navýšení kapacity je nutné z důvodu rostoucí poptávky ze strany zákazníka.

V úvodu této práce je detailně popsán výrobek, který se na této lince vyrábí. Jedná se o podvolantový modul, včetně páček pro ovládání světel, stěračů atd. Kromě plastových výlisků obsahuje také desku plošných spojů, která je základem celého výrobku, a její výroba je předmětem části linky, na které bude provedena změna zaručující navýšení kapacity.

Samotné zvýšení kapacity bude realizováno pomocí změny layoutu montážní linky a díky změně pájecího procesu, který se na ní provádí.

Na změnu pájecího procesu je zaměřena hlavní konstrukční část této práce. Skládá se z návrhu variant řešení nových pájecích paletek, ve kterých je prováděno pájení desek plošných spojů. Z těchto variant je poté vybrána nejvhodnější pomocí metody multikriteriálního hodnocení. Kromě těchto paletek je nutné navrhnout také další přípravky, které umožní použití nových paletek ve výrobě.

Následující kapitola obsahuje popis realizace projektu přímo ve výrobní hale firmy ALPS Electric Czech s.r.o. Jsou zde také popsány všechny úpravy, které musely být provedeny na konstrukci paletek. Potřebné úpravy byly zjištěny i díky výrobě prototypu a jeho testování, ještě před převedením procesu do sériové výroby.

Poslední část je věnována návrhu automatizace výše zmíněného pájecího procesu. Obsahuje několik variant uspořádání a řešení, jak by mohla být provedena automatizace vložení a vyjmutí paletek z pájecího robotu, která je v současné době prováděno operátorem.

## 1.1 ALPS Electric Czech s.r.o.

ALPS Electric Czech s.r.o. je pobočkou japonského nadnárodního koncernu ALPS, který se zabývá výrobou komponent pro největší světové finální výrobce spotřební elektroniky.

Závod se nachází ve vesnici Sebranice, nedaleko města Boskovice a zhruba 30km severně od Brna. Převážnou část výroby tohoto závodu tvoří výrobku do automobilového průmyslu. Jedná se o podvolantové moduly, panely klimatizací a navigací, určené pro různé výrobce aut např. BMW, Volvo, Land Rover, Ford a další.

V areálu firmy se nachází výroba většiny důležitých součástí, ze kterých se poté montuje finální výrobek. Nachází se zde například výroba plastových dílů pomocí vstřikování do forem, linky na osazení desek plošných spojů pomocí SMT a další. Dále také potisk ovládacích prvků a finální montážní linky.



*Obrázek 1 - Areál firmy ALPS Electric Czech s.r.o. [17]*



## 2 POPIS VÝROBKU

V úvodu zmíněná linka slouží k montáži podvolantového modulu, který je určen pro montáž do automobilu Land Rover Evoque. Finální výrobek, ve stavu v jakém je expedován zákazníkovi, je na obrázku 2. Model vozu, do kterého je tento modul určen je poté na obrázku 3. Tento model se vyrábí od roku 2011 do současnosti, jeho montáž probíhá v Liverpoolu ve Velké Británii. V případě úspěšného nasazení této změny je počítáno s nasazením i na výrobní linky pro jiné zákazníky.

Modely součástí a fotografie, byly pro účel vypracování této práce laskavě poskytnuty společností ALPS Electric Czech s.r.o.



Obrázek 2 – Výrobek připravený k expedici



Obrázek 3 – Land Rove Evoque [1]

### 2.1 Hlavní části

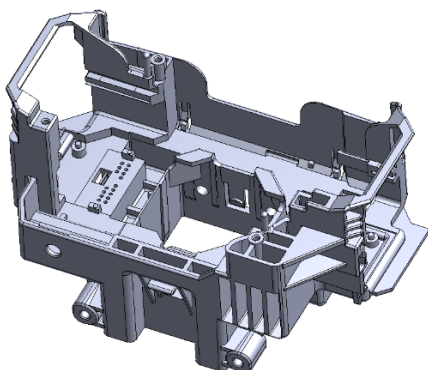
Mezi tyto hlavní části patří plastové kryty a páčky, které jsou vstřikovány a potiskovány na přípravných linkách. Další důležitou částí celé sestavy je deska plošného spoje.

Jelikož se jedná o výrobky do automobilního průmyslu, tak je důležité dodržet zpětnou dohledatelnost (tracebilita), tato je umožněna pomocí čárových a QR kódů, které jsou umístěny na modulu. Při montáži jednotlivých výrobků je prováděno skenování těchto kódů, tyto jsou poté ukládány do databáze, aby byly zpětně dohledatelné v případě reklamací.

#### 2.1.1 Plastové kryty

Největší část celého výrobku tvoří obal (case). V tomto obalu jsou umístěny všechny ostatní komponenty. Obsahuje upínací prvky pro upevnění komponent v samotném tělese modulu, tak i pro upevnění modulu v automobilu.

Jedná se o výrobek z plastu, který je vyroben pomocí vstřikovací technologie.



Obrázek 4 – 3D model obalu modulu



Obrázek 5 - Obaly připravené k montáži

### 2.1.2 Páčky

Nezbytnou součástí každého podvolantového modulu jsou ovládací prvky a to ve formě páček. Výroba těchto páček je prováděna na samostatných výrobních linkách, na montážní linky jsou tedy přiváženy jako hotové a probíhá zde pouze jejich montáž do modulu.

Páčka zobrazená na obrázku 5, dále označována jako WIPER, slouží k ovládání stěračů a ostřikovačů skel. V modulu je umístěna na pravé straně.



Obrázek 6 – WIPER páčka

Druhá páčka je umístěná na levé straně modulu, dále označována jako TURN, se využívá pro ovládání světel (směrová, potkávací, dálková, ...) automobilu.



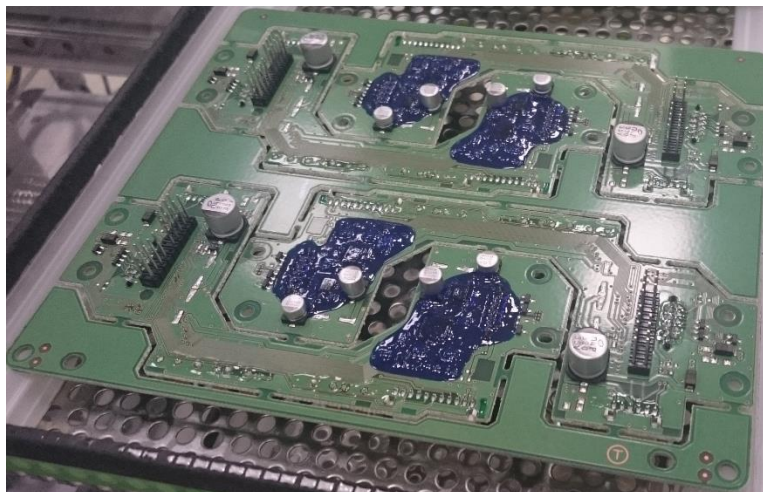
Obrázek 7 - TURN páčka

### 2.1.3 Deska plošných spojů (PWB)

Mezi jednu z nejdůležitějších součástí celého modulu můžeme považovat desku plošných spojů. Tato zajišťuje komunikaci mezi oběma páčkami a také jejich propojení se zbytkem automobilu. Deska je osazena součástkami jak SMT technologií, tak i pomocí ručního osazení součástek, které prochází skrz desku (THT technologie). Zatímco osazení a pájení

pomocí technologie SMT probíhá na specializovaném pracovišti, osazení a pájení THT součástek se uskutečňuje na montážní lince. Proces pájení THT součástek tvoří základ tématu této práce a proto mu bude v práci věnováno více prostoru v následujících kapitolách.

Součástky, kterým by mohlo hrozit poškození, jsou pro zvýšení jejich odolnosti po pájecím procesu zakryty ochranným lakem.



Obrázek 8 – Arch desek s naneseným ochranným lakem

### 3 PÁJENÍ [2]

Hlavní změna zajišťující navýšení kapacity se bude odehrávat při pájení desek plošných spojů. Proto bych rád na úvod práce uvedl stručný popis této technologie, včetně možností jejího využití.

Pájení můžeme definovat jako nerozebíratelné spojení dvou materiálů pomocí roztavené pájky, přičemž nedochází k natavení spojovaných materiálů, jako například při svařování.

Můžeme ho rozdělit na dva základní typy a to na tvrdé a měkké pájení. Parametr, podle kterého rozlišuje typ pájení, je teplota při které dochází k roztavení pájky a spojení materiálů. Zatím co při měkkém pájení se teploty tavení pájky pohybují do 400°C, tak při tvrdém pájení se využívá teplot vyšších než 400°C. Z tohoto plyne také použití různých materiálů pájky. Pro měkké pájení se využívá především slitin založených na cínu a olovu, zatím co u tvrdého převažuje pájka ze stříbra nebo mosazi.

Tvrdé pájení nachází uplatnění při spojování jinak těžko spojovatelných materiálů, které jsou mechanicky namáhané, např. pájení řezné destičky na soustružnický nůž.

Převážná část využití měkkého pájení je v elektrotechnice pro vytvoření vodivého kontaktu mezi součástkami nebo vodiči.

Při sériové výrobě elektrotechniky se bez některé z forem pájení již prakticky nelze obejít. Sériová výroba s sebou nese velké požadavky na rychlost a kvalitu této operace, a proto je vhodné využít namísto ručního pájení, pájení automatické. Ruční pájení však stále má své místo ve výrobě, používá se například pro opravu desek, které po automatickém zapájení vykazovali nedostatky a nemohly tak být použity dále do výroby.

Součástky, které mají být pájeny, můžeme rozdělit dle způsobu jejich osazení a následného pájení. V této souvislosti používáme především následující dva typy.

### 3.1 Povrchová montáž SMT [3]

SMT (Surface Mount Technology) je postup, při němž se elektronické komponenty osazují přímo na povrch plošného spoje. Deska plošného spoje bývá většinou vícevrstvá, používají se čtyři vrstvy mědi a bývá osazena z vnějších stran. Velikost takto osazených součástek se pohybuje od desetin milimetru, a proto je tato metoda rozšířená hlavně od 80. let a díky miniaturizaci elektroniky. Součástky, pro tuto metodu označujeme jako SMD (Surface Mount Device), jsou připevněny na povrch pomocí pájecí pasty, která má lepící vlastnosti. Takto osazená deska je poté vložena do pece, kde dojde k roztavení pasty, a tím vytvoření vodivého spojení mezi součástkou a deskou. Celý tento proces, při sérové výrobě, probíhá na uzavřených automatických linkách (obrázek 9) a to včetně osazování součástek.



Obrázek 9 - SMT výrobní linka [5]

### 3.2 Součástky s drátovými vývody THT

Na rozdíl od povrchové montáže, vývody jednotlivých komponent procházejí skrz desku plošného spoje. Tyto vývody jsou poté na druhé straně zapájeny. Před rozvojem SMT technologie byl toto jediný možný způsob osazování desek plošných spojů.

V současnosti se oba tyto způsoby kombinují, tak že se použijí SMT komponenty pro základní prvky (kondenzátory, rezistory,...) a prvky, u kterých se předpokládá mechanické namáhání za provozu (konektory, spínače,...) nebo jsou těžší (transformátory, tlumivky,...), se využívají komponenty s drátovými vývody.

Pro zapájení těchto drátových vývodů se v sériové výrobě využívá řada technologií, nejpoužívanější z nich budou představeny v následujících kapitolách.

#### 3.2.1 Pájení vlnou

Je jedna z tradičních metod v hromadné výrobě elektroniky. Lze ji využít i pro pájení povrchových součástek. Součástky jsou osazeny všechny z jedné strany desky a jsou zajištěny proti vypadnutí. Poté jsou pomocí dopravníku těchto desek unášeny skrz jednotlivými částmi stroje.

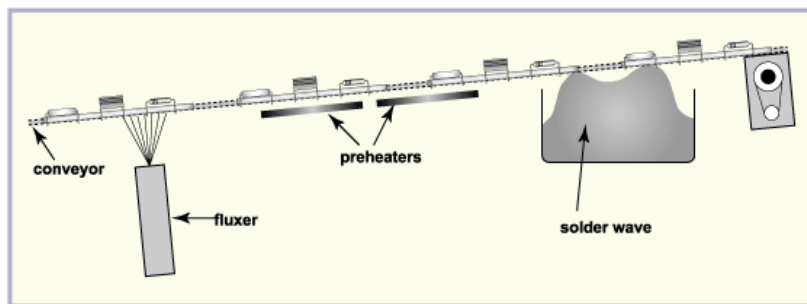
V první části dojde k nanesení tavidla na stranu desky, kde má probíhat pájení. Tavidlo působí jako čistič, které odstraňuje oxidy z míst, kde dojde k pájení. Nanáší se buďto ve formě pěny nebo pomocí kartáče.

Další část stroje slouží jako predehřovací zóna, kde dojde k částečnému odpaření tavidla.

V následující části již projíždí deska skrz cínovou vlnu, které je vytvořena pomocí čerpadla, systému clon a štěrbin. Zde dojde k nanesení cínové vrstvy na pájené kontakty a tím



vytvoření vodivého spojení. Po tomto kroku následuje myčka desek, kde dojde k očištění desky od zbytků tavidla.



Obrázek 10 - Schéma pájení vlnou [6]

### 3.2.2 Selektivní pájení [4]

Tento proces se využívá hlavně pro dopájení součástek při smíšené montáži (SMT a THT). Jak již název této kapitoly napovídá, dochází při ní k pájení v jednom určitém místě, což je výhodné právě při kombinaci s předem osazenými a zapájenými SMT komponentami. V praxi se provádí mnoha různými způsoby, z nichž pouze některé uvedu níže.

**Pájení pomocí robotu** – využívá se většinou portálová konstrukce robotu, který je osazen efektořem s pájecím hrotem a podavačem cínu. Může být v provedení do linky nebo jako samostatné zařízení.



Obrázek 11 - Pájecí robot [10]

**Pájení pomocí mini vlny** – tento systém pracuje s tryskou, ze které vystupuje cínová vlna. Tvar a velikost trysky je možné zvolit dle uspořádání pájených kontaktů. Tryska nebo deska je poté polohována na místa, kde má dojít k pájení.



Obrázek 12 - Tryska mini vlny [4]

Dalšími možnostmi jsou například pájení pomocí horkého vzduchu, laseru nebo infračerveného záření. Tyto varianty se od sebe liší pouze způsobem, jakým je dodávána tepelná energie do místa pájení. Poslední využívanou možností je selektivní pájení vlnou, při tomto způsobu musíme místa, která chceme uchránit před nanesením cínu, zakrýt páskami, z tohoto důvodu není tento způsob nejvhodnější pro sériovou výrobu.

## **4 SOUČASNÝ PROCES**

Tato část obsahovala údaje, které se nacházejí pouze v neveřejné části této práce.

Tato kapitola obsahuje popis současného procesu, kde je zvláštní pozornost věnována popisu pájecí operace.

## **5 ZVYŠOVÁNÍ EFEKTIVITY**

Tato část obsahovala údaje, které se nacházejí pouze v neveřejné části této práce.

V této kapitole je uvedeno, jakými způsoby má být provedeno požadované zvýšení efektivity. Obsahuje také popis výpočtu kapacity výrobní linky po provedení úprav a shrnutí současného stavu.

## **6 NÁVRH PÁJECÍ PALETKY**

Tato část obsahovala údaje, které se nacházejí pouze v neveřejné části této práce.

Náplní této kapitoly je konstrukční zpracování dvou variant nových pájecích paletek pro pájení desek plošných spojů, včetně výběru nejvhodnější varianty.

## **7 DALŠÍ KONSTRUKCE**

Tato část obsahovala údaje, které se nacházejí pouze v neveřejné části této práce.

Zde jsou uvedeny další konstrukce, které museli být provedeny pro umožnění nasazení nového způsobu pájení do výroby.

## **8 REALIZACE ŘEŠENÍ**

Tato část obsahovala údaje, které se nacházejí pouze v neveřejné části této práce.

Kapitola popisuje výrobu prototypu paletky a nutné úpravy, které se museli provést před výrobou paletek pro reálný provoz linky

## 9 NÁVRH AUTOMATIZACE PÁJECÍHO PROCESU

Cílem této části práce je vytvoření návrhu automatizace pájecího procesu. Na základě návrhu by se v případě aplikace této automatizace provedl konstrukční návrh včetně potřebných výpočtů. Tento návrh obsahuje několik variant řešení manipulace s paletkami a jejich dopravou, následně také výběr nejvhodnější varianty a vyhodnocení řešení.

Pro tuto automatizaci je důležitá konstrukce pájecích paletek, jelikož při použití zvláštních paletek pro pájení každé strany nebude možné automatizovat celý pájecí proces. Bylo by možné automatizovat pouze zakládání paletek do robotů. Při použití druhé varianty pájecích paletek, které umožňují pájení obou stran bez výměny paletek, je možná částečná automatizace s tím, že je nutné osadit konektor C1 až po zapájení první strany desky. Toto osazení je možné provést manuálně obsluhou, nebo by bylo možné tento úkon automatizovat pomocí vhodného robotu. V mém případě budu, v rámci zjednodušení celého procesu automatizace, uvažovat, že osazení provede obsluha manuálně.

Portálová konstrukce použitého pájecího robotu neumožňuje pájení paletek na průběžné lince, a proto je nutné mezi robota a dopravník s paletkami vložit manipulátor, který bude zajišťovat výměnu paletek mezi dopravníkem a robotem.

### 9.1 Automatizace osazování

V dnešní době existuje řada renomovaných výrobců zařízení, které slouží k automatizaci osazování. Převážně se jedná o stroje pro osazování STM součástek, ale existují i pro osazování THT součástek. Jedním z těchto výrobců je například firma JUKI, jejíž stroj JUKI JM-10 je na obrázku 60.



Obrázek 13 - JUKI JM-10 [13]



Osazovací rychlost tohoto stroje dosahuje zhruba jedné sekundy na osazení jedné součástky. Tato rychlost je pro takt výrobní linky naprosto nadbytečná a stroj by tak nebyl využit na plný potenciál. Nehledě na finanční náročnost nákupu takového stroje.

Proto budu při návrhu automatizace pájecího procesu počítat s ručním osazením desky součástkami, pomocí operátora výrobní linky.

## 9.2 Manipulátor

Základním požadavkem na tento manipulátor je ten, aby byl schopen vložit do příslušného robota paletku z dopravníku. A po dokončení pájecí operace ji zase z robota vyjmout a položit na dopravník. Paletka musí být v robotu přesně fixována, jelikož má robot pevně nastavené pozice pro pájení a v případě nepřesného uložení by docházelo ke špatně zapájeným spojům.

Důležitá okolnost pro konstrukci manipulátoru je také fakt, že roboty jsou v lince umístěny za sebou a vzhledem k nutnosti ručního osazení konektoru C1 a poté teprve pájení druhé strany desky, je nutné toto uspořádání zachovat, aby byl umožněn přístup operátora k dopravníku. Rozložení linky také není vhodné měnit z prostorových důvodů ve výrobní hale.

### 9.2.1 Varianty konstrukce manipulátoru:

#### 1. Portálový manipulátor

První možností, jak realizovat tento proces, je využití konstrukce portálového manipulátoru, který by obsluhoval všechny roboty. Hlavní částí této konstrukce je portál, po kterém se pohybuje vodorovně smykadlo, které obsahuje svislou osu Z a případně i osu Y.

Výhody:

- + Možnost zakoupení celého manipulátoru
- + Vhodný tvar pracovního prostoru

Nevýhody:

- Náročná konstrukce portálu, délka cca 4m (průhyb)
- Výškové omezení ve firmě (150cm)



Obrázek 14 - Portálový manipulátor od firmy GÜDEL [14]

## 2. Převracející manipulátor – statický

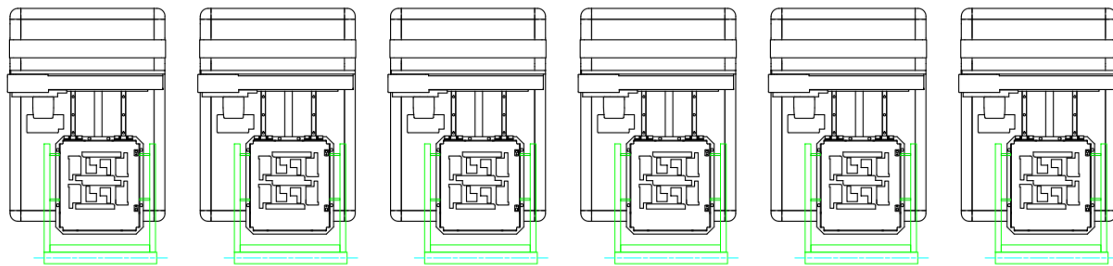
Tato varianta spočívá v použití jednoúčelového manipulátoru. Tento by uchopil paletku v robotu a kolem své osy by ji převrátil na dopravník. Každý robot by obsluhoval jeden manipulátor.

Výhody:

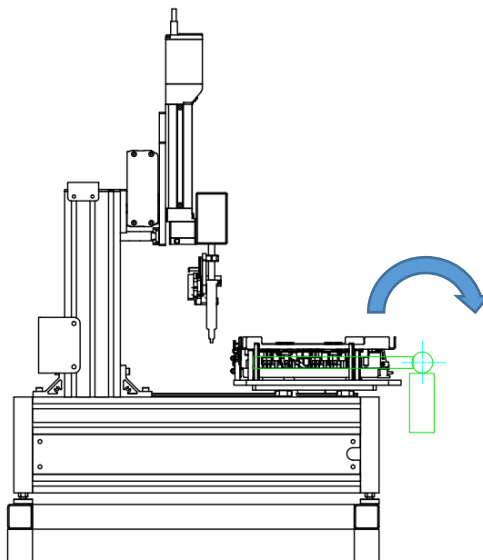
- + Relativně jednoduchá konstrukce

Nevýhody:

- Velký počet manipulátorů
- Nemožnost uložit paletku na libovolné místo na dopravníku



Obrázek 15 - Manipulátor pro každý pájecí robot



Obrázek 16 - Boční pohled na manipulátor, šipka vyznačuje směr manipulace

## 3. Převracející manipulátor - pohyblivý

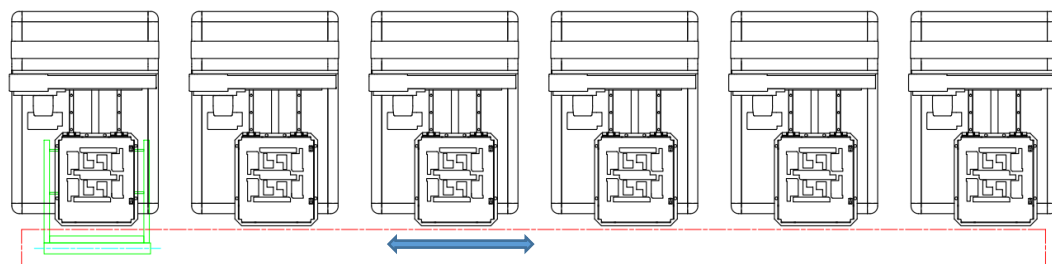
Základ konstrukce je stejný jako u předchozí varianty, ovšem s tím rozdílem, že tento manipulátor by byl umístěn na lineární ose. Tato osa by umožňovala jeho pohyb ke všem robotům, a tím zajistila obsluhu všech robotů jedním manipulátorem.

Výhody:

- + Jeden manipulátor pro všechny roboty
- + Jednoduchá konstrukce
- + Dojde k otočení paletky, nemusí to dělat operátor

Nevýhody:

- Problém s fixací paletky v robotu (nutnost přidání posuvu ve svislém směru)



Obrázek 17 – Pohyblivý manipulátor pro všechny roboty

#### 4. SCARA robot na pohyblivé ose

Manipulátor je uložen na pohyblivé ose, aby mohl obsluhovat všechny roboty, jako předchozí varianta. Po uchopení paletky ji otočí kolem své svislé osy a položí na dopravník.

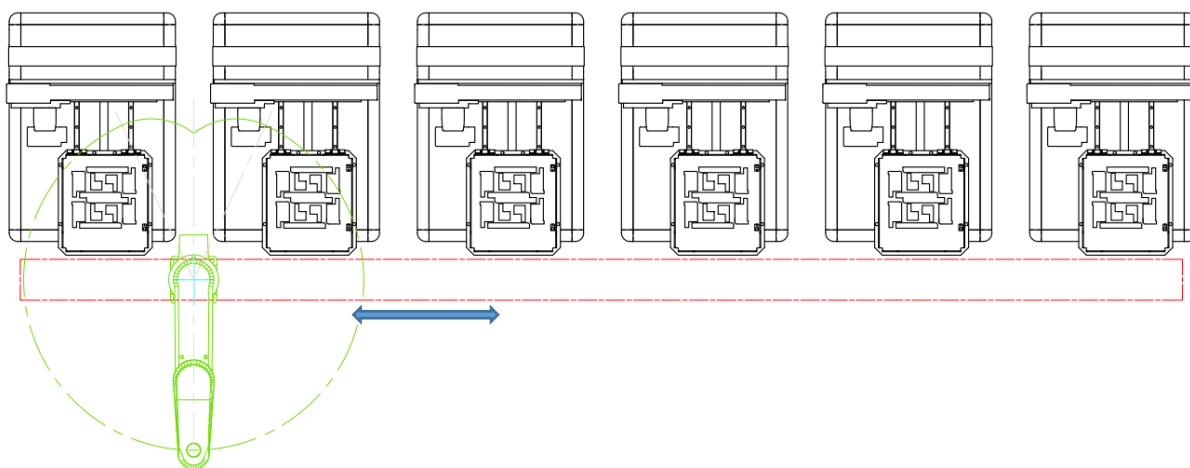
V této variantě je možné využít jednoúčelový manipulátor nebo universálního SCARA robota.

Výhody:

- + Možnost zakoupení SCARA robota => jednodušší konstrukce
- + Jeden manipulátor pro všechny roboty

Nevýhody:

- Cena SCARA robota



Obrázek 18 - SCARA robot jako manipulátor

### 9.3 Dopravník

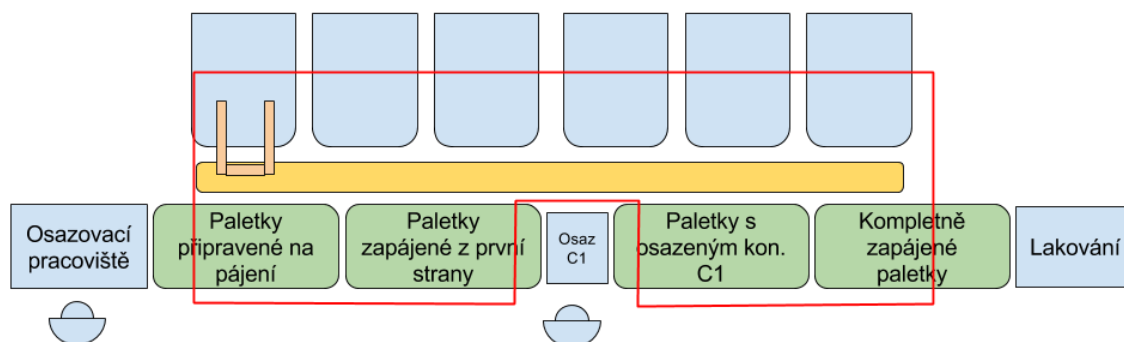
Další důležitou součástí automatizace je dopravník, který bude sloužit pro dopravu pájecích paletky celým procesem.

#### 9.3.1 Rozvržení dopravníku

Navrhovaný dopravník by se měl skládat z těchto následujících částí:

1. První část, kde budou paletky, které budou osazeny od obsluhy a odkud budou odebrány manipulátorem do robota.
2. Druhá část bude část, kam bude manipulátor pokládat paletky zapájené z první strany. V této části bude také obsluha osazovat konektor C1 a paletku odloží na další část dopravníku.

3. Z této části bude brát manipulátor paletky pro pájení druhé strany desek.
4. Poslední část bude, kam bude manipulátor odkládat kompletně zapájené paletky.



Obrázek 19 - Rozložení automatizovaného pracoviště

Na obrázku 66 je vyobrazeno navrhované rozložení automatizovaného pracoviště a červeně je zde vyznačen pracovní prostor manipulátoru.

Tyto jednotlivé části je možné realizovat jako samostatné dopravníky, nebo využít typ dopravníku, který by nám umožnil nezávislý pohyb jednotlivými částmi dopravníku. Já jsem se pro zjednodušení návrhu konstrukce a řízení rozhodl uvažovat tyto části jako samostatné dopravníky.

Typ dopravníku musí být vhodný pro přepravu pájecích paletků. Proto je při jeho výběru nutné počítat s tím, že paletku lze položit pouze na hrany základního plechu. Z tohoto důvodu jsem do návrhu zvolil pásové dopravníky, u kterých by se neměl vyskytnout problém s přepravou paletků. Další výhodou je možnost zakoupení pásu vyrobeného z ESD materiálu, a tím pomoci zvýšení bezpečnosti před poškozením obvodu elektrostatickým výbojem.

## 9.4 Výběr řešení [12]

Pro výběr nejvhodnějšího řešení manipulátoru jsem se rozhodl využít totožné metody jako při výběru konstrukce paletky (kapitola 6.3). Výpočet bude probíhat podle vzorců (1) a (2), které byly uvedeny ve výše zmíněné kapitole. Proto zde uvedu pouze výběrová kritéria a tabulky obsahující výsledky.

Kritéria pro volbu typu manipulátoru jsou následující:

- K1 – Pořizovací náklady
- K2 – Úspora času operátora
- K3 – Jednoduchost konstrukce
- K4 – Zástavbový prostor
- K5 – Náročnost na řízení

Tabulka 1 - Výpočet porovnání typů manipulátoru

n	Vlastnost	Portálový manipulátor				Manipulátor pro každý robot				Pohyblivý manipulátor				SCARA robot pro všechny roboty			
		t <sub>j</sub>	g <sub>n</sub>	p <sub>t</sub>	τ <sub>n</sub>	t <sub>j</sub>	g <sub>n</sub>	p <sub>t</sub>	τ <sub>n</sub>	t <sub>j</sub>	g <sub>n</sub>	p <sub>t</sub>	τ <sub>n</sub>	t <sub>j</sub>	g <sub>n</sub>	p <sub>t</sub>	τ <sub>n</sub>
1	K1	2	0,9	50	1,8	1	0,9	100	0,9	4	0,9	25	3,6	3	0,9	33,33	2,7
2	K2	3	0,7	33,33	2,1	2	0,7	50	1,4	3	0,7	33,33	2,1	3	0,7	33,33	2,1
3	K3	3	0,5	33,33	1,5	2	0,5	50	1	3	0,5	33,33	1,5	4	0,5	25	2
4	K4	1	0,2	100	0,2	2	0,2	50	0,4	3	0,2	33,33	0,6	3	0,2	33,33	0,6
5	K5	2	0,4	50	0,8	3	0,4	33,33	1,2	2	0,4	50	0,8	2	0,4	50	0,8

Tabulka 2 - Výsledky porovnání typů manipulátorů

Varianta	τ
Portálový manipulátor	0,39
Manipulátor pro každý robot	0,26
Pohyblivý manipulátor	0,55
SCARA robot pro všechny roboty	0,50

Z tabulky 7 vyplývá, že nejvhodnější variantou bude varianta s pohyblivým manipulátorem, který bude společný pro všechny pájecí roboty a bude překlápět paletky na dopravník.

## 9.5 Návratnost investice

Tato část obsahovala údaje, které se nacházejí pouze v neveřejné části této práce.

## 10 ZÁVĚR

Hlavním cílem práce bylo konstrukčně zpracovat návrh, který by vedl ke zvýšení výrobní kapacity výrobní linky ve firmě ALPS Electric Czech.

Úvodní část této práce se věnuje popisu výrobku, který je na této lince vyráběn. Hlavní část popisu je věnována desce plošných spojů, jejíž výroba na montážní lince je místem, na kterém dojde ke změnám zajišťujícím zvýšení výrobní kapacity.

Následně je uveden popis procesu, který se využíval ve výrobě, před zavedením změn, které byly cílem této práce. Obsahuje nákres rozložení linky a také popis jednotlivých pracovišť, přičemž zvláštní pozornost je zde věnována pájecímu procesu.

Další kapitola obsahuje dvě varianty konstrukčních návrhů pájecích paletek. Původní požadavek na pájecí paletky byl vytvoření universální paletky pro pájení obou stran desky v jedné paletce, pouze převrácením paletky v robotu. Při návrhu jsem zjistil, že toto řešení není se stávající pájecí technologií možné provést. Je možné pájet každou stranu zvlášť v jiných paletkách, nebo použít paletku, která umožní pájení v jedné paletce, ovšem zde je nutný zásah obsluhy po pájení první strany (osazení konektoru).

První varianta vychází z konstrukce stávajících paletek a využívá i některé jejich díly, a tím dojde k úspoře pořizovacích nákladů na nové. Jejich nevýhodou je nutnost používat pro pájení druhé strany jiné paletky. Druhá varianta je navrhována tak, aby umožnila pájení obou stran v jedné paletce. Před pájením druhé strany je ovšem nutné nejprve ručně osadit konektor, který by byl jinak v kolizi s pájecím hrotem, při pájení první strany desky. Pro zajištění polohy tohoto konektoru je v práci uvedeno několik variant řešení.

Výběr varianty byl proveden pomocí multikriteriální hodnotící metody, podle objektivních parametrů. Jako vhodnější varianta byla, dle této metody, zvolena varianta č. 1 vycházející ze stávající konstrukce.

Před rozhodnutím o realizaci této varianty byl vyroben prototyp této varianty a bylo na něm ověřováno, zda je možné realizovat pájení dle návrhu. Při tomto ověřování se projevíly konstrukční nedostatky, které byly, před zahájením výroby paletek pro výrobu, odstraněny změnami v konstrukci paletek.

V poslední části této práce byly vypracovány návrhy, jak by se dal tento pájecí proces alespoň částečně automatizovat. Součástí těchto návrhů je také výpočet návratnosti investice. Realizace této části není zatím plánována, tato část by měla sloužit pouze jako podklad pro zvážení, zda by tato automatizace byla pro firmu perspektivní a efektivní.

Dalším možným doplněním této práce by bylo vytvoření konstrukčního návrhu automatizace, včetně zajištění bezpečnosti provozu. A tím přesněji určit parametry automatizace a zhodnotit její vhodnost pro tuto aplikaci.

V průběhu této práce bylo dosaženo všech požadovaných cílů a to i díky tomu, že mi bylo umožněno strávit nejméně polovinu času určeného pro vypracování práce přímo v provozu firmy ALPS Electric Czech s.r.o. Tímto byly vytvořeny vynikající podmínky pro vlastní práci z hlediska obsahového i formálního, ale především i pro následnou praktickou realizaci řešení.

## 11 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] Land Rover [online]. 2016 [cit. 2016-05-20]. Dostupné z: <http://www.landrover.cz/vehicles/range-rover-evoque/index.html>
- [2] KUBA, Jan a Pavel MACH. *Technologické procesy*. Praha: České vysoké učení technické, 1995. ISBN 80-010-1397-9.
- [3] Wikipedie: Otevřená encyklopedie: SMT [online]. c2016 [citováno 20. 05. 2016]. Dostupný z: <https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=SMT&oldid=13508903>
- [4] Selektivní pájení a jeho metody. *DPS - Elektronika od A do Z* [online]. 2010, 2010(2), 1 [cit. 2016-05-20]. Dostupné z: <http://www.dps-az.cz/vyroba/id:5951/selektivni-pajeni-a-jeho-metody>
- [5] FLYTECH. *SMT* [online]. -: -, 2016 [cit. 2016-05-20]. Dostupné z: [http://www.flytech.com/english/03\\_manufacturing/manufacturing.php](http://www.flytech.com/english/03_manufacturing/manufacturing.php)
- [6] Wave soldering. *Martin Tarr* [online]. UK: -, 2010 [cit. 2016-05-20]. Dostupné z: [http://www.mtarr.co.uk/courses/topics/0225\\_wave/](http://www.mtarr.co.uk/courses/topics/0225_wave/)
- [7]
- [8]
- [9]
- [10] Quick global. *Soldering robot* [online]. -: -, 2016 [cit. 2016-05-20]. Dostupné z: <http://www.quick-global.com/9-1-soldering-robot.html>
- [11]
- [12] KOLÍBAL, Zdeněk, KNOFLÍČEK, Radek. *Morfologická analýza stavby průmyslových robotů*. 1. vyd. Košice: Viena, 2000, 178 s. Edice vědecké a odborné literatury. ISBN 80-889-2227-5.
- [13] JUKI JM-10. *PBT* [online]. -: -, 2016 [cit. 2016-05-20]. Dostupné z: <http://www.pbt.cz/detail/juki-jm-10/350/?path=products/osazovani-a-automatizace/osazovaci-stroje-pro-tht-a-smd/>
- [14] GUEDEL - linear axis. *GUEDEL* [online]. -: -, 2016 [cit. 2016-05-20]. Dostupné z: <http://www.gudel.com/products/linearaxis/cp>
- [15]
- [16]
- [17] ALPS Electric Czech s.r.o. *ALPS Electric* [online]. -: -, 2009 [cit. 2016-05-22]. Dostupné z: <http://www.alps.cz/contact.html>





## 12 SEZNAM ZKRATEK, SYMBOLŮ, OBRÁZKŮ A TABULEK

### 12.1 Seznam použitých zkratk a symbolů

PWB	Printed Wiring Board – deska plošných spojů
SMT	Surface Mounting Technology – technologie povrchové montáže elektronických komponent na desku plošných spojů
THT	Through-Hole Technology – způsob montáže elektronických komponent pomocí otvorů v desce plošných spojů
SMD	Surface Mounted Device – komponenty, které se používají se spojitostí s metodou SMT
EOL	End Of Line – kontrola výrobku na konci výrobní linky
SAS	Steering Angle Sensor – snímač natočení volantu
ESD	ElectroStatic Discharge – elektrostatický výboj
ROI	Return Of Investment – návratnost investice
$t_j$	Bodovací stupnice hodnocení parametru [-]
$g_j$	koeficient rozlišující významnost hodnocených faktorů, parametrů, vlastností
$t_{max}$	maximální hodnota i-tého faktoru, parametru, vlastnosti
$n$	počet hodnocených faktorů, parametrů, vlastností
$\tau$	technická hodnota varianty

### 12.2 Seznam tabulek

Tabulka 1 - Výpočet porovnání typů manipulátoru .....	29
Tabulka 2 - Výsledky porovnání typů manipulátorů .....	29

### 12.3 Seznam obrázků

Obrázek 1 - Areál firmy ALPS Electric Czech s.r.o. [17] .....	16
Obrázek 2 – Výrobek připravený k expedici .....	17
Obrázek 3 – Land Rove Evoque [1].....	17
Obrázek 4 – 3D model obalu modulu .....	18
Obrázek 5 - Obaly připravené k montáži .....	18
Obrázek 6 – WIPER páčka .....	18
Obrázek 7 - TURN páčka.....	18
Obrázek 8 – Arch desek s naneseným ochranným lakem.....	19
Obrázek 9 - SMT výrobní linka [5].....	20
Obrázek 10 - Schéma pájení vlnou [6].....	21
Obrázek 11 - Pájecí robot [10] .....	21
Obrázek 12 - Tryska mini vlny [4].....	21

Obrázek 13 - JUKI JM-10 [13] .....	24
Obrázek 14 - Portálový manipulátor od firmy GÜDEL [14].....	25
Obrázek 15 - Manipulátor pro každý pájecí robot.....	26
Obrázek 16 - Boční pohled na manipulátor, šipka vyznačuje směr manipulace .....	26
Obrázek 17 – Pohyblivý manipulátor pro všechny roboty .....	27
Obrázek 18 - SCARA robot jako manipulátor.....	27
Obrázek 19 - Rozložení automatizovaného pracoviště.....	28

## 13 SEZNAM PŘÍLOH

CD

Výrobní výkresy

Paletka pro pájení první strany

Paletka pro pájení druhé strany

Výkresová dokumentace je součástí pouze neveřejné verze této práce.